

## СЕКЦИЯ 2. ФАЗОВЫЕ И СТРУКТУРНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В ЛЕГКИХ СПЛАВАХ В УСЛОВИЯХ ТРАДИЦИОННЫХ И ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ВОЗДЕЙСТВИЙ

### ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ЗА ФАЗОВЫМИ ПРЕВРАЩЕНИЯМИ В СПЛАВАХ Al-Mg, Mg-Nd и Mg-Y

*Ахмедов М. Ч.*

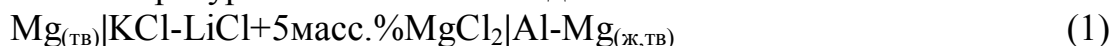
*Руководитель – проф., д.х.н. Лебедев В.А.*

ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург  
mlm@mail.ustu.ru

В основе термо-временной обработки металлических сплавов лежит образование и распад образующихся в системе твердых растворов, позволяющие существенно улучшить эксплуатационные характеристики изделий. Основными методами контроля за распадом твердых растворов является рентгенофазовый анализ и измерение механических свойств изделий, подвергнутых различной термо-временной обработке. Поскольку растворимость магния в твердом алюминии, а также неодима и иттрия в магнии, существенно уменьшается с понижением температуры, в сплавах этих систем возможны процессы образования и распада пересыщенных твердых растворов. Их выявление электрохимическими методами явилось предметом настоящей работы.

Предлагаемая работа обобщает результаты исследований фазообразования и термодинамических свойств жидких и твердых сплавов систем Al – Mg [1], Mg – Y [2] и Mg – Nd [3] классическим равновесным (I) и динамическим (II) [4] вариантами метода э.д.с. Динамический вариант заключается в измерениях э.д.с. при непрерывном снижении температуры со скоростью 3...7 °С/мин, и позволяет наряду с термодинамическими характеристиками установить параметры фазообразования в изученных сплавах.

На температурной зависимости э.д.с. элемента



отчетливо выявляются (рис. 1) область гомогенных жидких растворов (600...550 °С для 20 ат. % Mg, 600...500 °С – для 30 ат. % Mg), двухфазная область (твердый раствор Mg в Al + жидкость) (550...450 °С для 20 ат. % Mg, 500...450 °С для 30 ат. % Mg) область сосуществования твердых растворов и фазы β (ниже 450 °С), согласующиеся с диаграммой состояния (рис. 2).

При переходе в область существования твердых фаз (тв. р-р +  $\beta$ ) изменение потенциалов в зависимости от температуры происходит ступенчато. Скачкообразное изменение потенциалов, по нашему мнению, соответствует распаду пересыщенных твердых растворов. Растворы с 18,6 ат. % Mg, образовавшиеся при 450 °С, распадаются при 370...380 °С. Переохлаждение достигает 70...80 °С, а степень пересыщения 1,5. Указанному пересыщению при 380 °С соответствует изменение потенциала на 0,011 В, что хорошо согласуется с экспериментально наблюдаемой величиной 0,010 В.

На рис. 3. приведены результаты измерения элемента  
 $\text{Y-Mg}|\text{3LiCl-2KCl+5 масс.\% YCl}_3||\text{Y-Bi}_{(\text{нас. р-р})}$  (2)

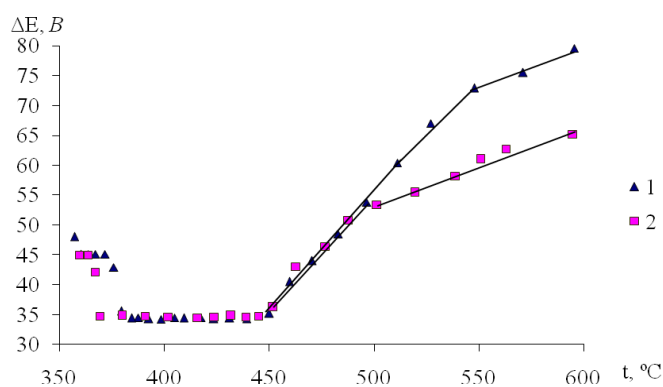


Рисунок 1.

Температурная зависимость э.д.с.  
 элемента (1) для сплавов 20 и 30 ат. %, (1, 2) соответственно

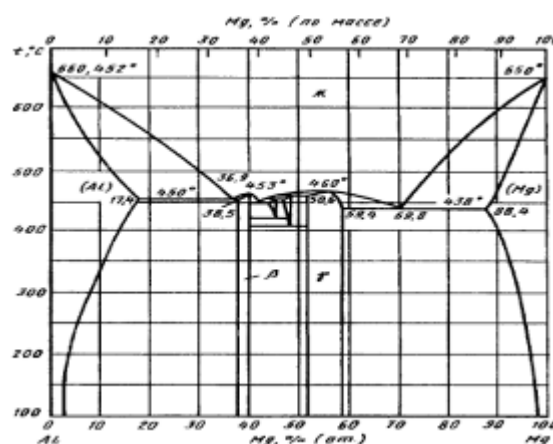


Рисунок 2.

Диаграмма состояния  
 системы алюминий – магний

Результаты динамических измерений в пределах погрешности экспериментов согласуются с равновесными и выявляют фазовые превращения в сплавах при их непрерывном охлаждении. Отчетливо проявляются фазовые переходы из жидкого состояния в двухфазные (L+тв. р-р Y в Mg) и далее в (тв. р-р +  $\text{Y}_5\text{Mg}_{24}$ ) согласующиеся с диаграммой состояния (рис. 4). Воспроизводимые для двух сплавов колебания э.д.с. в области твердого состояния в районе температур 480 и 430 °С также, как в системе Al-Mg, мы связываем с распадом пересыщенных твердых растворов Y-Mg образовавшиеся при 630 °С для 5 мол. % Y и 590 °С для 8,5 мол. % Y. При этом, судя по величине колебаний э.д.с. (3...5 mV) для распада твердых растворов Y-Mg требуется в 2...3 раза меньшая степень пересыщения, чем в случае сплавов Al-Mg. Образовавшиеся частицы соединения  $\text{Y}_5\text{Mg}_{24}$  могут служить центрами кристаллизации для фазы, образующейся при распаде твердых растворов Al-Mg. Этим можно объяснить тот факт, что добавка р.з.м. в Al-Mg

сплавы приводит к значительному увеличению эффекта упрочнения при распаде пересыщенного твердого раствора, который как это видно на рис. 3, происходит ступенчато.

На рис. 5 приведены результаты измерений э.д.с. элемента  $\text{Nd-Mg}|\text{3LiCl-2KCl} + 5 \text{ масс. \% NdCl}_3| \text{Nd-Bi}$ . (3)

Результаты динамических измерений в пределах погрешности экспериментов согласуются с равновесными и выявляют фазовые превращения в сплавах при их непрерывном охлаждении. Отчетливо проявляются фазовые переходы в двухфазные области (L + тв. р-р Nd в Mg) при 602 °С, (тв. р-р + NdMg<sub>12</sub>) при 568 °С, (тв. р-р + Nd<sub>5</sub>Mg<sub>41</sub>) при 515 °С, что согласуется с диаграммой состояния (рис. 6). Воспроизводимые скачкообразные возрастания э.д.с. в области твердого состояния в районе температур 501, 477, 450, 423 °С мы связываем с распадом пересыщенных твердых растворов Nd-Mg. При этом, судя по величине изменения э.д.с. (2...3 мВ) для распада твердых растворов Nd-Mg также как и в случае сплавов Mg-Y, требуются в 2...3 раза меньшие степени пересыщения и переохлаждения, чем в случае сплавов Al-Mg. Большее число ступеней распада для сплавов Nd-Mg связано по нашему мнению с более резким уменьшением растворимости Nd в Mg при снижении температуры. При этом термодинамические характеристики пересыщенных растворов незначительно отличаются от характеристик равновесных растворов.

Рисунок 3. Температурная зависимость  
э.д.с. элемента (1). Содержание Y в Mg:  
1, 3 – 5 мол.%; 2, 4 – 8,5 мол.%.  
Метод измерения: 1, 2 – динамический;  
3, 4 – равновесный.

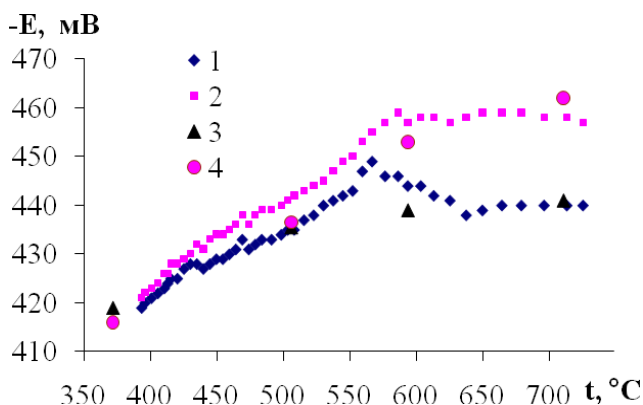
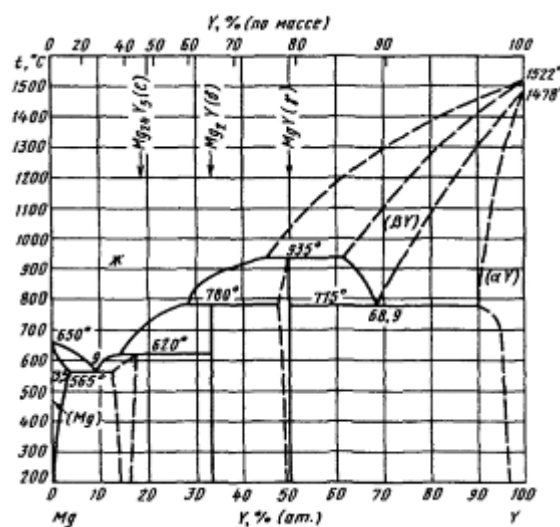


Рисунок 4.  
Диаграмма состояния  
системы магний – иттрий



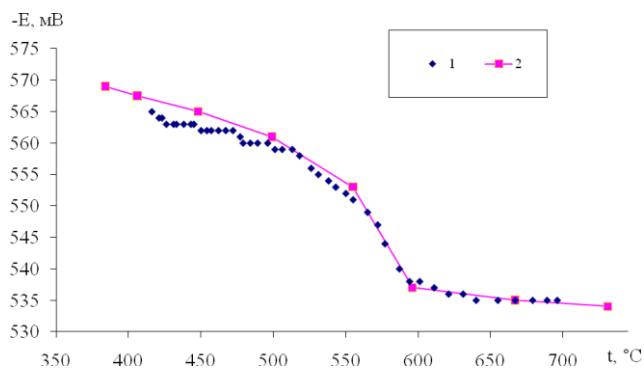


Рисунок 5.

Температурная зависимость э.д.с. элемента (1). Содержание Nd в Mg 5 ат. %. 1 – динамический вариант; 2 – классический вариант метода э.д.с.

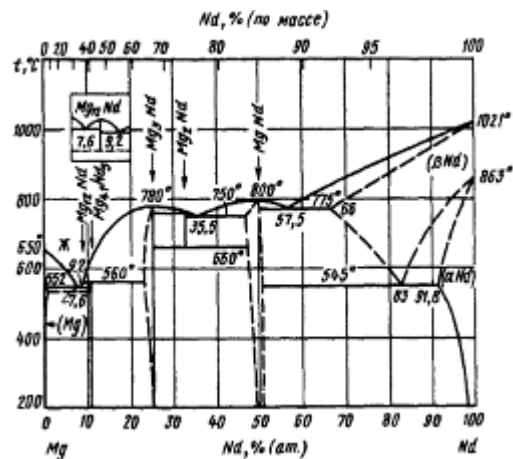


Рисунок 6.

Диаграмма состояния системы магний – неодим

Список используемых источников:

1. В.А.Лебедев, М.Ч.Ахмедов «О распаде твердых растворов магния в алюминии». Металлы, № 5, 2009, с.89...92.
2. В.А. Лебедев, М.Ч. Ахмедов «Термодинамические свойства твердых и жидких сплавов неодим – магний». Расплавы, №3, 2010, с.21...25.
3. В.А. Лебедев, М.Ч. Ахмедов «Термодинамические свойства твердых и жидких сплавов иттрий – магний». Расплавы, №1, 2010, с.9...11.
4. Лебедев В.А., Фоминых И.В. Динамический вариант метода э.д.с. в исследованиях термодинамических свойств жидких металлических сплавов. Труды XI Российской конференции «Строение и свойства металлических и шлаковых расплавов». Екатеринбург, 14-16 сентября 2004. Т.2. Строение и свойства металлических расплавов.-Екатеринбург-Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004, с. 109...113.